

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Жирнов Сергей Алексеевич

Выпускная квалификационная работа бакалавра

**Оценка рисков при переводе углеводородной
биржи на торговлю в золоте**

Направление 010400

Прикладная математика и информатика

Научный руководитель,
доктор физ.-мат. наук,
профессор
Колбин В. В.

Санкт-Петербург

2017

Содержание

| | |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Введение | 3 |
| Обзор литературы | 5 |
| Глава 1. Оценка экспорта нефти и разработка корзины валют | 6 |
| 1.1. Корреляция ВВП РФ и цен на нефть | 6 |
| 1.2. Подготовка данных о странах-импортерах | 8 |
| 1.3. Прогнозирование экспорта нефти в 2017 году | 10 |
| 1.4. Оценка волатильностей золота и валют | 12 |
| 1.5. Разработка модели оплаты | 13 |
| Глава 2. Оценка рисков..... | 15 |
| 2.1. Общий подход к оценке рисков | 15 |
| 2.2. Корреляция валютных пар | 17 |
| 2.3. Применение метода Монте-Карло | 19 |
| 2.4. Итоговая оценка риска | 21 |
| Выводы..... | 22 |
| Заключение | 23 |
| Список литературы | 24 |
| Приложение | 25 |

Введение

Углеводородное топливо – горючее вещество, состоящее из соединений углерода и водорода. К нему относятся жидкие нефтяные топлива и углеводородные горючие газы.

Россия является одним из крупнейших в мире экспортеров топливно-энергетических ресурсов.

Актуальность данной работы связана в первую очередь с тем, что доходы от экспорта углеводородов составляют большую долю ВВП и более половины доходной части федерального бюджета России, что является причиной сильнейшей зависимости экономического состояния государства от текущей цены на топливо. Так, в 2008 и 2015 гг., при резком падении цены на нефть Российская экономика оказывалась в кризисном положении. В частности, падение в 2014-2016 гг. сделало российский рубль одной из самых быстро обесценивающихся валют [1].

Но девальвация государственной валюты могла бы быть как минимум не столь сильной, если бы Россия в расчетах за одну из крупнейших составляющих экспорта – нефть – не была так сильно привязана к американскому доллару, за который и в данный момент происходит продажа нефти.

И данный факт явно известен правительству, так как с 2014 года, согласно сводке новостей из источника [2], ведется активная дипломатическая работа в направлении ослабления зависимости рубля от доллара: достоверно известно о намерениях Южной Кореи, Турции, Монголии, Индии, Ирана и Египта о переходе на торговлю с Россией в национальных валютах. А прямыми следствиями замены доллара США в международной торговле на национальные валюты будут являться укрепление участвующих в расчетах валют и улучшение экономического состояния государств-партнеров.

Но большинство крупнейших импортеров российского топлива пока не заявляли о своих намерениях отказаться от американской валюты в межнациональных расчетах с Россией. И, в том числе, по этой причине на текущий момент данная работа особенно актуальна.

В связи с тем, что нефть является главной статьей российского экспорта [3], было решено ограничить исследование экспортом исключительно этого вида углеводородов.

Объектом исследования дипломной работы являются взаимоотношения России в области нефтяной торговли с крупнейшими странами-импортерами. Предмет исследования – изучение возможности введения нового, более выгодного способа оплаты в расчетах за нефть.

Целью данной работы является оценить возможную выгоду для Российской Федерации при изменении политики ценообразования в области нефтяной торговли.

Задачи работы:

- 1) провести сбор и анализ статистических данных, касающихся международной торговли нефтью за последние несколько лет;
- 2) спрогнозировать на их основе экспорт нефти в 2017 году;
- 3) разработать новую модель расчетов за нефть;
- 4) оценить риск ее внедрения.

Обзор литературы

При подготовке данного исследования были изучены фундаментальные работы и учебные пособия, касающиеся различных областей математики.

Теоритические аспекты теории вероятностей и математической статистики исчерпывающе описаны в книге «Теория вероятностей и математическая статистика», авторами которого являются В. М. Буре и Е. М. Парилина [4].

Практическое применение методов корреляционного анализа кратко и доступно изложено в учебном пособии «Корреляционный анализ» М. А. Харченко [5].

В книге «Метод Монте-Карло» И. М. Соболя изложены основные приемы метода Монте-Карло и приведены примеры весьма разнообразных задач, решаемых этим методом [6].

В труде В. В. Колбина «Оценка и управление риском», в основе которого лежат материалы специального курса лекций, читаемых СПбГУ, рассматриваются проблемы принятия решений в условиях риска и неопределенности [7].

Глава 1. Оценка экспорта нефти и разработка корзины валют

1.1. Корреляция ВВП РФ и цен на нефть

Мировые цены на нефть оказывают влияние на функционирование экономики РФ в целом.

Чтобы показать степень влияния, проведем исследование зависимости динамики ВВП России по данным Федеральной службы государственной статистики [8] и динамики цены нефти марки Urals, которая является основной российской экспортной маркой, с помощью инструментов корреляционного анализа, подробно описанных в источнике [5] (Табл. 1).

Табл. 1 - Таблица корреляционного анализа

| Год | Реальный объем ВВП (млрд. руб), y_i | Цена за баррель нефти (\$), x_i | $(x_i - x_{cp})$ | $(y_i - y_{cp})$ | $(x_i - x_{cp})^2$ | $(y_i - y_{cp})^2$ |
|------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| 1998 | 19035,5 | 11,90 | -46,25 | -9319,88 | 2139,42 | 86860121,79 |
| 1999 | 18026,6 | 17,30 | -40,85 | -10328,78 | 1669,04 | 106683650,38 |
| 2000 | 19180,3 | 26,80 | -31,35 | -9175,08 | 983,07 | 84182052,23 |
| 2001 | 21098,3 | 22,80 | -35,35 | -7257,08 | 1249,90 | 52665177,87 |
| 2002 | 22174,4 | 23,70 | -34,45 | -6180,98 | 1187,07 | 38204486,29 |
| 2003 | 23216,6 | 27,10 | -31,05 | -5138,78 | 964,34 | 26407037,05 |
| 2004 | 24911,4 | 34,20 | -23,95 | -3443,98 | 573,79 | 11860982,93 |
| 2005 | 26705 | 52,10 | -6,05 | -1650,38 | 36,65 | 2723746,81 |
| 2006 | 28414,1 | 61,00 | 2,85 | 58,72 | 8,10 | 3448,30 |
| 2007 | 30516,7 | 69,29 | 11,14 | 2161,32 | 124,01 | 4671313,75 |
| 2008 | 32988,6 | 94,40 | 36,25 | 4633,22 | 1313,78 | 21466748,16 |
| 2009 | 31009,3 | 54,20 | -3,95 | 2653,92 | 15,63 | 7043303,16 |
| 2010 | 32687,6 | 75,40 | 17,25 | 4332,22 | 297,43 | 18768149,38 |
| 2011 | 34142,2 | 109,35 | 51,20 | 5786,82 | 2621,04 | 33487311,43 |
| 2012 | 35768,1 | 110,52 | 52,37 | 7412,72 | 2742,21 | 54948450,74 |
| 2013 | 36247,4 | 107,88 | 49,73 | 7892,02 | 2472,69 | 62284014,76 |
| 2014 | 36785,6 | 97,60 | 39,45 | 8430,22 | 1556,00 | 71068646,72 |
| 2015 | 37489,1 | 51,23 | -6,92 | 9133,72 | 47,94 | 83424881,63 |

$$\bar{x} = 58.15$$

$$\bar{y} = 28355.38$$

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 20002.11$$

$$\sum (y_i - \bar{y})^2 = 766753523.39$$

$$\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = 3464886.46$$

Степень взаимосвязи между реальным объемом ВВП и ценой на нефть марки Urals определим с помощью нормированного коэффициента корреляции Браве-Пирсона.

$$r_{xy}^P = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 * \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

$$r_{xy}^P = 0.8848$$

Т. к. значение коэффициента корреляции находится в пределах от 0,7 до 0,99, то степень связи между исследуемыми факторами высокая.

Таким образом, долгосрочной перспективе фактический объем прироста ВВП РФ на 88,48% определяется уровнем мировых цен на нефть.

1.2. Сбор данных о странах-импортерах

По данным базы данных международной торговли ВАСИ [3], за промежуток с 2012 по 2016 гг. включительно крупнейшими импортерами российской нефти стали семь европейских и три азиатских государства, в разные годы организовавшие от 65% до более чем 76% общего экспорта нефти (Табл. 2).

Табл. 2 – главные импортеры нефти.

| Государство | Выручка от экспорта нефти, млн USD (% от общего экспорта нефти) | | | | |
|-------------|-----------------------------------------------------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Нидерланды | 30813 (14) | 26381 (17) | 23636 (15) | 12933 (15) | 11968 (14) |
| Германия | 20387 (11) | 17736 (11) | 14725 (9,9) | 8723 (9,4) | 8138 (9,7) |
| Польша | 16783 (9,1) | 16049 (9,1) | 13702 (9) | 7283 (8,8) | 7037 (8,1) |
| Италия | 7599 (4,2) | 8565 (4,1) | 6880 (4,8) | 3380 (4,4) | 3399 (3,8) |
| Финляндия | 6885 (3,9) | 7408 (3,7) | 5759 (4,1) | 3256 (3,7) | 3032 (3,6) |
| Беларусь | 8349 (3,7) | 7982 (4,5) | 7749 (4,5) | 5602 (5) | 3814 (6,2) |
| Литва | 6636 (3,6) | 6415 (3,6) | 4646 (3,6) | 2385 (3) | 2617 (2,6) |
| Китай | 18763 (9,2) | 18530 (10) | 22093 (10) | 15192 (14) | 9606(17) |
| Япония | 6414 (3) | 9293 (3,5) | 9441 (5,2) | 6146 (6) | 3910 (6,8) |
| Южная Корея | 5946 (3,3) | 6238 (3,2) | 6562 (3,5) | 4452 (4,2) | 3048 (4,9) |
| Всего | 128575 (65) | 124597 (69,7) | 115193 (69,6) | 69352 (73,5) | 56569 (76,7) |

Дальнейшая работа будет проходить исключительно с представленными выше государствами.

В таблице 2 можно также увидеть наглядное подтверждение колоссальному влиянию цен на нефть на экономику России: в 2015 году, при увеличении объема проданной нефти, выручка упала более чем в полтора раза, по сравнению с предыдущим годом, в котором она составляла 52% доходного бюджета страны [1].

Для создания нового способа оплаты также понадобятся данные об объемах и составах золотовалютных фондов стран-импортеров (Табл. 3), которые находятся в свободном доступе на сайте МВФ [9].

Табл. 3 – Объем и состав золотовалютных резервов стран-импортеров.

| Государство | Золотовалютный резерв, \$млн | В том числе: | |
|-------------|------------------------------|----------------|-------------------|
| | | SDR, \$млн (%) | Золото, \$млн (%) |
| Нидерланды | 40393 | 6676 (16,5) | 25811,13 (63,9) |
| Германия | 200394 | 16868,46 (8,4) | 135466,34 (67,6) |
| Польша | 100530,72 | 441,62 (0,4) | 3518,58 (3,5) |
| Италия | 143183,2 | 7193,9 (5) | 95646,38 (66,8) |
| Финляндия | 10412,72 | 1582,52 (15,2) | 1863,88 (17,9) |
| Беларусь | 4110,96 | 513,57 (12,5) | 1307,29 (31,8) |
| Литва | 1227,3 | 194,65 (15,9) | 100,64 (8,2) |
| Китай | 3141088 | 9871,61 (0,31) | 69103,94 (2,2) |
| Япония | 1262509 | 17556 (1,4) | 30300,22 (2,4) |
| Южная Корея | 369840 | 2380 (0,6) | 4068,24 (1,1) |

SDR – *специальные права заимствования* (Special Drawing Rights) – искусственное платежное средство, эмитируемое Международным валютным фондом. На данный момент состоит из пяти свободно конвертируемых валют (доллар США, евро, китайский юань, японская йена и британский фунт), каждая из которых имеет определенный вес внутри корзины, который пересматривается каждые пять лет. Вес валют в корзине на данный момент, согласно [9], представлен таблицей 4.

Табл. 4 – Состав SDR.

| SDR | USD | EUR | CNY | JPY | GBP |
|-----|-------|-------|-------|------|------|
| % | 41,73 | 30,93 | 10,92 | 8,33 | 8,09 |

где:

USD – доллар США,

EUR – евро,

CNY – китайский юань,

JPY – японская йена,

GBP – британский фунт.

1.3. Прогнозирование экспорта нефти в 2017 году

Для выполнения поставленной задачи необходимо знать приближенные данные о выручке от экспорта нефти за еще не прошедший год.

Исходя из известных значений прибыли от экспорта и значений среднегодовых цен за баррель нефти, были рассчитаны объемы экспорта (Табл. 5).

Табл. 5 – Объемы экспорта нефти.

| Год | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Цена, USD/бар. | 110,52 | 107,88 | 97,6 | 51,23 | 41,9 |
| Экспорт, млн бар. | 1163,364 | 1154,959 | 1180,256 | 1353,738 | 1350,128 |

Далее, при помощи аппроксимации табличных значений в программном пакете Matlab [Приложение 1] был получен прогноз объема экспорта на 2017 год, который составил 1447 млн баррелей.

Конечный и используемый в дальнейшем прогноз по каждой стране (Табл. 6) рассчитан на основе усредненных значений долей в общем экспорте нефти за последние пять лет по данным таблицы 3 и прогнозируемой Центральным Банком РФ, со слов главы регулятора Эльвиры Набиуллиной [10], средней цены за баррель нефти в 2017 году:

$$p = 50 \text{ USD}$$

Табл. 6 – Прогноз экспорта на 2017 год.

| Государство | Средняя доля в экспорте, % | Нормированная средняя доля, % | Прогноз, млн USD |
|--------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| Нидерланды | 15 | 21,1566 | 14939 |
| Германия | 10,2 | 14,3865 | 10558 |
| Польша | 8,82 | 12,4401 | 8794 |
| Италия | 4,26 | 6,0085 | 4463 |
| Финляндия | 3,8 | 5,3597 | 3794 |
| Беларусь | 4,78 | 6,7419 | 4760 |
| Литва | 3,28 | 4,6262 | 3367 |
| Китай | 12,04 | 16,9817 | 12991 |
| Япония | 4,9 | 6,9111 | 4880 |
| Южная Корея | 3,82 | 5,3879 | 3804 |
| Итого | 70,9 | 100 | 72350 |

1.4. Оценка волатильностей золота и валют

Волатильность – это статистический показатель, который характеризует тенденцию изменения рыночной цены или дохода во времени.

Среднегодовая волатильность пропорциональна среднеквадратическому отклонению доходности финансового инструмента σ и обратно пропорциональна квадратному корню периода T :

$$vol = \frac{\sigma}{\sqrt{T}}$$

Нас интересует волатильность финансовых инструментов, представляющих своей совокупностью состав золотовалютных резервов государств. Согласно данным за пять лет [Приложение 2, гр. 1 – 5], их волатильности относительно доллара США составили:

$$vol_1 = 15.52 \%,$$

$$vol_2 = 8.78 \%,$$

$$vol_3 = 2.24 \%,$$

$$vol_4 = 9.65 \%,$$

$$vol_5 = 8.86 \%,$$

где:

vol_1 – волатильность цены золота;

vol_2 – волатильность цены EUR;

vol_3 – волатильность цены CNY;

vol_4 – волатильность цены JPY;

vol_5 – волатильность цены GBP.

Мы можем увидеть, что наиболее волатильным среди представленных валют является золото. Это означает, что именно золото способно принести наибольшую прибыль при его внесении в новую модель расчетов за нефть; данный факт необходимо учитывать при разработке модели и постараться ввести золото в наиболее широкой части нефтяного рынка.

1.5. Разработка модели оплаты

В качестве нового средства оплаты в расчетах за нефть предлагается «корзина» из компонент, которые в отдельности составляют золотовалютные резервы государств: доллар США (USD), золото в тройских унциях (XAU) и специальные права заимствования (SDR).

В связи с тем, что резервы различных государств содержат данные компоненты в разных количествах, было решено задать доли компонент следующими условиями:

- 5% SDR при наличии на сумму более 6 млрд долларов
- 5% XAU при наличии на сумму более 1,5 млрд долларов
- USD – оставшаяся часть.

Таким образом, при известном прогнозе цены за баррель нефти и объемах золотовалютных резервов стран-импортеров получаются три различных подхода к оценке стоимости барреля нефти (*price per barrel – ppb*)

1) Для Нидерландов, Германии, Италии, Китая, Японии и Южной Кореи:

$$ppb_1 = 40USD + 3.66SDR + 0.00409XAU$$

2) Для Польши и Финляндии:

$$ppb_2 = 45USD + 0.00409XAU$$

3) Для Литвы и Беларуси стоимость будет рассчитываться как раньше:

$$ppb_3 = 50USD$$

При разложении SDR на составные части, ppb_1 принимает вид:

$$ppb_1 = 41.527USD + 1.132EUR + 0.4CNY + 0.305JPY + 0.296GBP + 0.00409XAU.$$

Соответственно, исходя из вышеприведенных формул и таблицы 6, прогнозы по объему экспорта, приходящегося на каждую из корзин следующие:

$$v_1 = 1032.7 \text{ млн баррелей (51635 млн USD)}$$

$$v_2 = 251.6 \text{ млн баррелей (12588 млн USD)}$$

$$v_3 = 162.54 \text{ млн баррелей (8127 млн } USD)$$

Глава 2. Оценка рисков

2.1. Общий подход к оценке рисков

Понятие риска в настоящее время является неустоявшимся, а сам термин «риск» используется в литературе в различных смыслах. Так, в страховании и актуарной литературе риском называется объект, подлежащий страхованию, а соответствующим математическим понятием является случайная величина, описывающая размер возможных убытков при наступлении страхового события [7].

В данной работе под риском будет подразумеваться вероятность того, что доходы от продажи нефти при помощи составленной расчетной корзины окажутся меньше, чем прогнозируемые при помощи аппроксимации.

$$P(CF \leq CF_0),$$

где $CF = p(v_1 + v_2 + v_3) = 72350$ млн USD .

Для оценки CF необходимо оценить возможные колебания стоимости компонент на протяжении рассматриваемого периода. Стоимость компонент следует оценивать относительно представляющимся наиболее стабильным из них золота.

Метод имитационного моделирования Монте-Карло (ММК) позволяет провести подобную оценку. Он заключается в формировании большого числа (N) возможных сценариев случайного процесса на основе ретроспективных данных и подробно описан в источнике [6].

Итоговая расчетная формула для каждого сценария $CF_i, i = 1, 2 \dots N$, выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} CF_i = CF_{i1} + CF_{i2} + CF_{i3} = v_1 & \left(\left(\frac{41.527}{(XAU/USD)_i} + \frac{1.132}{(XAU/EUR)_i} + \frac{0.4}{(XAU/CNY)_i} + \right. \right. \\ & \left. \frac{0.305}{(XAU/JPY)_i} + \frac{0.296}{(XAU/GBP)_i} + 0.00409 \right) (XAU/USD)_i \Big) + v_2 \left(\left(\frac{45}{(XAU/USD)_i} + \right. \right. \\ & \left. \left. + 0.00409 \right) (XAU/USD)_i \right) + pv_3, \end{aligned} \quad (2)$$

где $(XAU/USD)_i, (XAU/EUR)_i, (XAU/CNY)_i, (XAU/JPY)_i, (XAU/GBP)_i$ – стоимость тройской унции золота в соответствующей валюте.

В качестве случайно генерируемого параметра используется курс (XAU/USD) . Сценарии остальных курсов следует рассчитывать исходя из гипотезы об их возможной корреляции с данной валютной парой, так как в случае подтверждения гипотезы их случайная генерация вызовет искажение итоговых данных.

2.2. Корреляция валютных пар

Согласно данным, представленным на графиках [Приложение 2, гр. 1, 6 – 9], применяя (1), были найдены следующие коэффициенты корреляции валютных пар с (XAU/USD):

$$r_1 = 0.908438 \text{ для } (XAU/EUR),$$

$$r_2 = 0.774061 \text{ для } (XAU/CNY),$$

$$r_3 = 0.418173 \text{ для } (XAU/JPY),$$

$$r_4 = 0.678803 \text{ для } (XAU/GBP).$$

Для установки значений курсов с учетом данных соотношений используются методы регрессионного анализа.

Линейная регрессионная функция имеет вид:

$$Y_i = a_i X + b, \quad i = 1, 2, 3, 4, \quad (3)$$

где Y_i – искомое значение стоимости валюты, X – значение (XAU/USD), a_i – коэффициент регрессии соответствующей валютной пары, b – свободный член.

Коэффициент регрессии связан с коэффициентом корреляции соотношением

$$a_i = r_i \frac{\sigma_i}{\sigma}, \quad i = 1, 2, 3, 4, \quad (4)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение (XAU/USD), σ_i – среднеквадратическое отклонение соответствующей валютной пары.

По данным динамики курсов валют за последние пять лет [Приложение 2,], среднеквадратические отклонения составили:

$$\sigma = 93.763$$

$$\sigma_1 = 75.53,$$

$$\sigma_2 = 587.5,$$

$$\sigma_3 = 8737.75,$$

$$\sigma_4 = 66.19$$

Свободные члены найдем как средние разности произведений коэффициентов регрессии и ежемесячных средних значений соответствующего курса за последние пять лет:

$$b_i = \overline{(a_i X_j - Z_{ij})}, \quad (5)$$

где X_j – среднее значение (XAU/USD) за месяц j , Z_{ij} – среднее значение валютной пары i за месяц j .

Итоговые регрессионные функции, построенные с помощью соотношений (3) - (5), имеют вид:

$$Y_1 = 0.73784X + 218.8169, \quad (6)$$

$$Y_2 = 4.850107X + 2239.696, \quad (7)$$

$$Y_3 = 38.96944X + 86963.47, \quad (8)$$

$$Y_4 = 0.479187X + 337.9317. \quad (9)$$

2.3. Применение метода Монте-Карло

Значения курса (XAU/USD) генерировались при помощи нормального распределения со среднегодовыми показателями математического ожидания и среднеквадратического отклонения за последние пять лет. С помощью формулы (2) и соотношений (6) – (9), была получена таблица сценариев (Табл. 7).

Табл. 7 – Метод Монте-Карло.

| Сценарий | XAU/USD | XAU/EUR | XAU/CNY | XAU/JPY | XAU/GBP | CF, млн USD | k |
|----------|----------|----------|----------|------------|----------|-------------|-----|
| 1 | 1242,205 | 1127,843 | 8264,525 | 135371,521 | 933,180 | 71796,456 | 0 |
| 2 | 1356,697 | 1211,627 | 8819,823 | 139833,208 | 988,043 | 72995,549 | 1 |
| 3 | 1265,925 | 1145,201 | 8379,567 | 136295,862 | 944,546 | 72476,247 | 1 |
| 4 | 1453,085 | 1282,161 | 9287,313 | 143589,376 | 1034,230 | 73543,961 | 1 |
| 5 | 1466,499 | 1291,978 | 9352,374 | 144112,126 | 1040,658 | 73620,064 | 1 |
| 6 | 1315,573 | 1181,533 | 8620,366 | 138230,621 | 968,337 | 72760,649 | 1 |
| 7 | 1246,883 | 1131,266 | 8287,213 | 135553,817 | 935,421 | 72366,917 | 1 |
| 8 | 1236,239 | 1123,477 | 8235,589 | 135139,029 | 930,321 | 72305,741 | 0 |
| 9 | 1164,998 | 1071,344 | 7890,063 | 132362,810 | 896,183 | 71895,029 | 0 |
| 10 | 1515,095 | 1327,540 | 9588,069 | 146005,879 | 1063,945 | 73895,348 | 1 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 9999 | 1343,438 | 1201,924 | 8755,513 | 139316,495 | 981,689 | 72919,875 | 1 |
| 10000 | 1361,660 | 1215,259 | 8843,896 | 140026,629 | 990,421 | 73023,861 | 1 |

Для удобства дальнейших расчетов в таблицу добавлен счетчик k :

$$k_i = \begin{cases} 0, & CF_i \leq CF_0 \\ 1, & CF_i > CF_0 \end{cases}, i = 1, 2, \dots, 10000$$

Таким образом был построен случайный процесс CF , подчиняющийся закону нормального распределения с параметрами:

$$M[CF] = 73481.48,$$

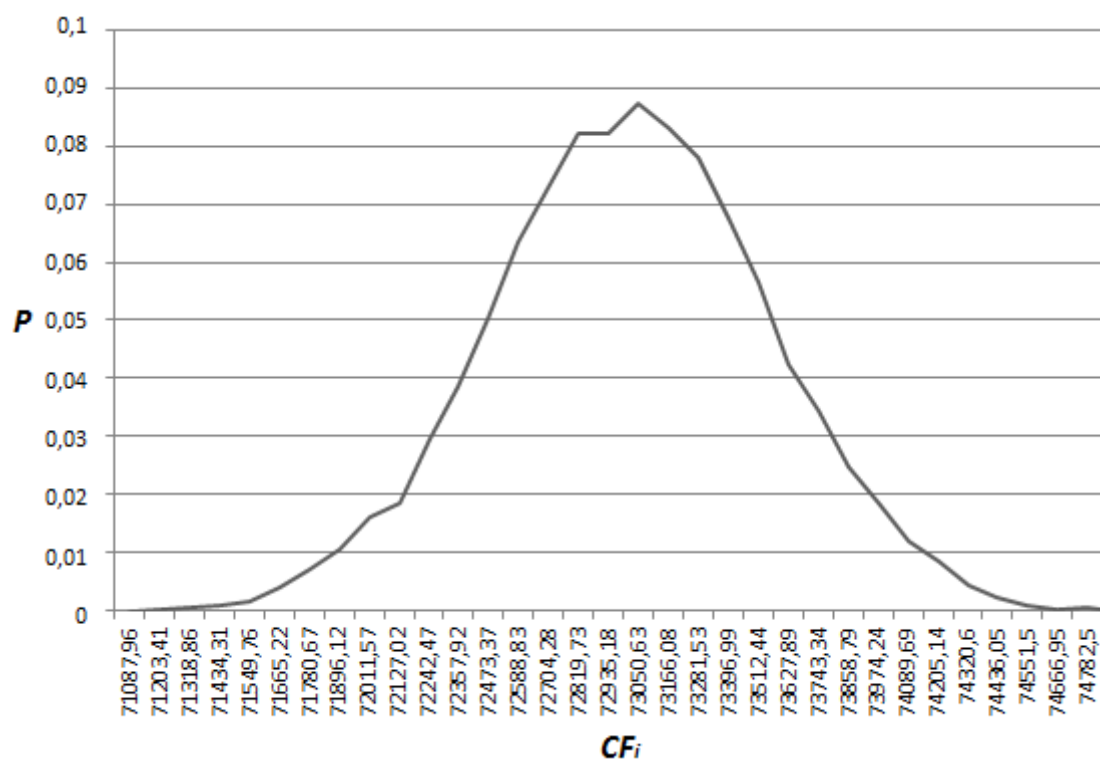
$$\sigma[CF] = 532.84,$$

где $M[CF]$ – математическое ожидание,

$\sigma[CF]$ – среднеквадратическое отклонение.

Для большей наглядности функция плотности распределения вероятности представлена на графике 1.

График 1 – Плотность распределения CF_i .



2.4. Итоговая оценка риска

После того, как были произведены все подготовительные вычисления, мы переходим к оценке вероятности рискового события. Формула подсчета вероятности представляет собой отношение количества нежелательных исходов к общему числу просчитанных сценариев [4]:

$$P(CF \leq CF_0) = \frac{\sum_{i=1}^N k_i}{N},$$

где N – количество просчитанных сценариев.

Рассчитанное в программном пакете MS Excel значение числителя:

$$\sum_{i=1}^{10000} k_i = 893.$$

Таким образом, итоговая оценка составляет:

$$P(CF \leq CF_0) = 0.0893$$

Выводы

Полученное значение $P(CF \leq CF_0)$ говорит о низком риске недополучения прибыли от экспорта нефти основным странам-импортерам. При этом вероятность получения прибыли до 2432.4 млн USD составляет 0.9107.

Благодаря этому подтверждается жизнеспособность предложенной в работе модели расчета цены на нефть, которая, хоть и не со 100%-ной, но с достаточно высокой вероятностью будет приносить прибыль.

Заключение

В данной работе была исследована возможность замены доллара США на более надежную совокупность валют в расчетах за нефть.

При помощи методов корреляционного и регрессионного анализа был спрогнозирован объем экспорта нефти в 2017 году. Также была разработана новая модель оплаты при расчетах за нефть, представляющая собой корзину из пяти свободно конвертируемых валют и золота. При разработке корзины учитывались объемы и составы золотовалютных резервов каждого государства.

Так как задача была в том, чтобы совершить оценку риска при перерасчете оплаты за нефть относительно золота, было составлено 10000 возможных прогнозов по объему экспорта нефти в 2017 году посредством варьирования возможных стоимостей валют относительно золота при помощи имитационного моделирования.

Сопоставляя начальный и новый прогнозы, было найдено вероятностное значение риска использования разработанной модели оплаты.

Таким образом, все поставленные задачи были выполнены.

Стоит отметить, что, в связи с возможным улучшением методов прогнозирования, остается большой простор для изучения данной актуальной темы.

Список литературы

1. Цены на нефть – Википедия. https://ru.wikipedia.org/wiki/Цены_на_нефть
2. Дедолларизация – Русский эксперт. <http://ruxpert.ru/Дедолларизация>
3. CEPII – BACI – Presentation.
http://www.cepii.fr/CEPII/en/bdd_modele/presentation.asp?id=1
4. Буре В. М., Парилина Е. М. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник. СПб.: «Лань», 2013, 416 с.
5. Харченко М. А. Корреляционный анализ. Воронеж: Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2010. 31 с.
6. Соболев И. М. Метод Монте-Карло. М.: «Наука», 1968. 64 с.
7. Колбин В. В. Оценка и управление риском. Palmarium Academic Publishing, 2014. 261 с.
8. Национальные счета: Федеральная служба государственной статистики.
http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/accounts/
9. IMF – International Monetary Fund Home Page. <http://www.imf.org>
10. Экономика – РИА Новости
<https://ria.ru/economy/20170324/1490754342.html>

Приложение

1. Аппроксимация в Matlab

```
>> values = [1163.364, 1154.959, 1180.256, 1353.738, 1350.1];
```

```
>> years = [1, 2, 3, 4, 5];
```

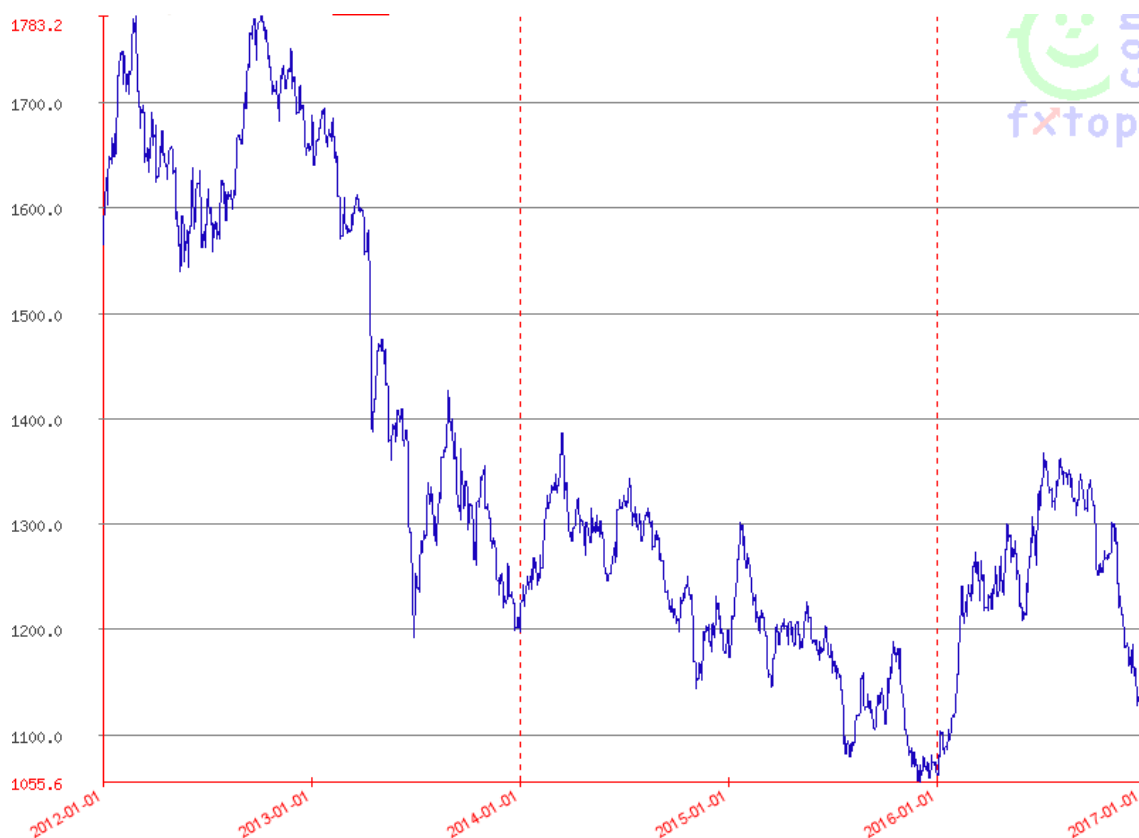
```
>> approx = polyfit(years, values, 1);
```

```
>> forecast = polyval(approx, 2017)
```

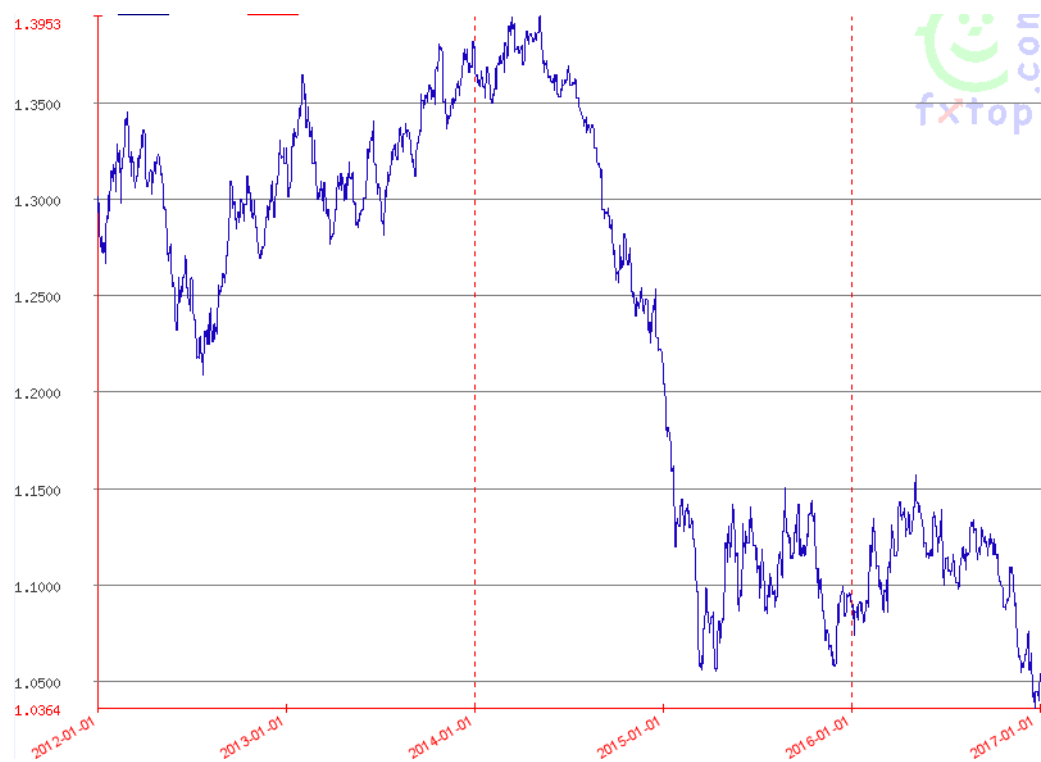
```
forecast = 1.447e+03
```

2. Курсы валют:

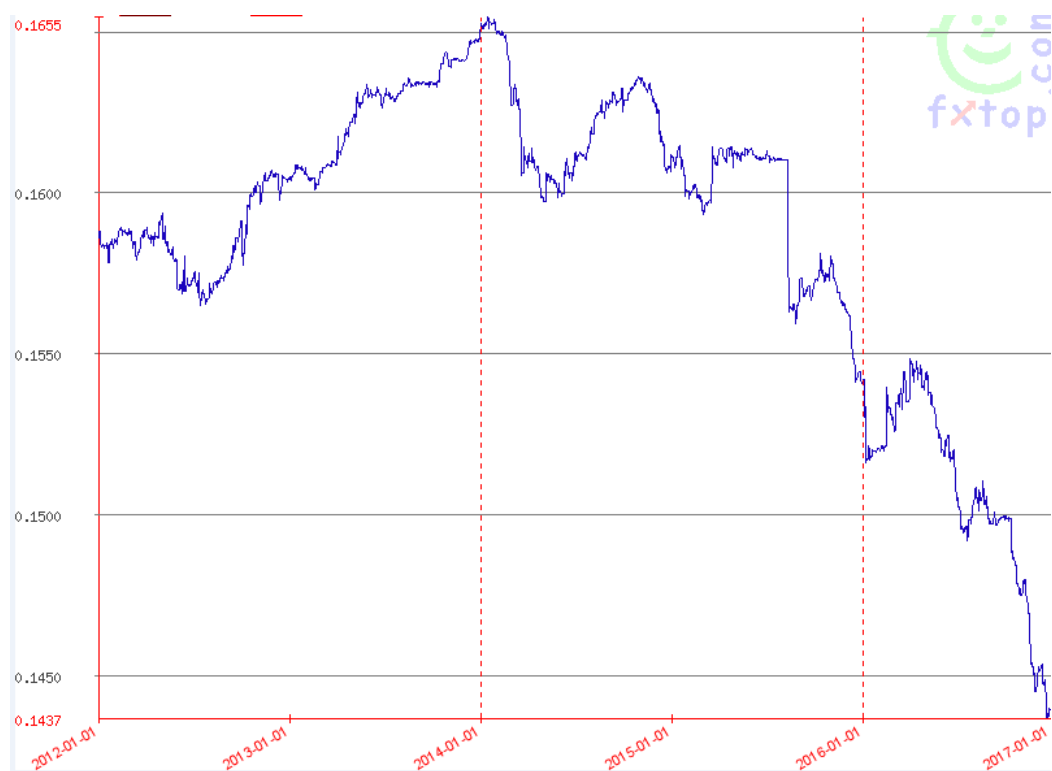
Гр. 1 – XAU/USD



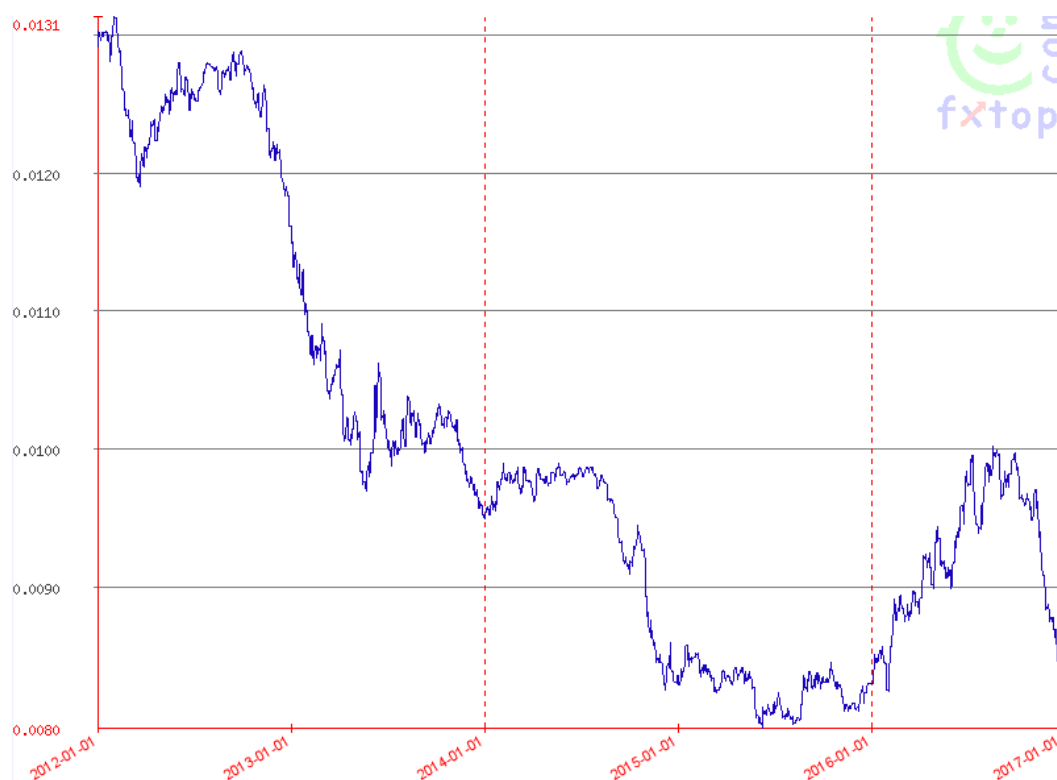
Γρ. 2 – EUR/USD



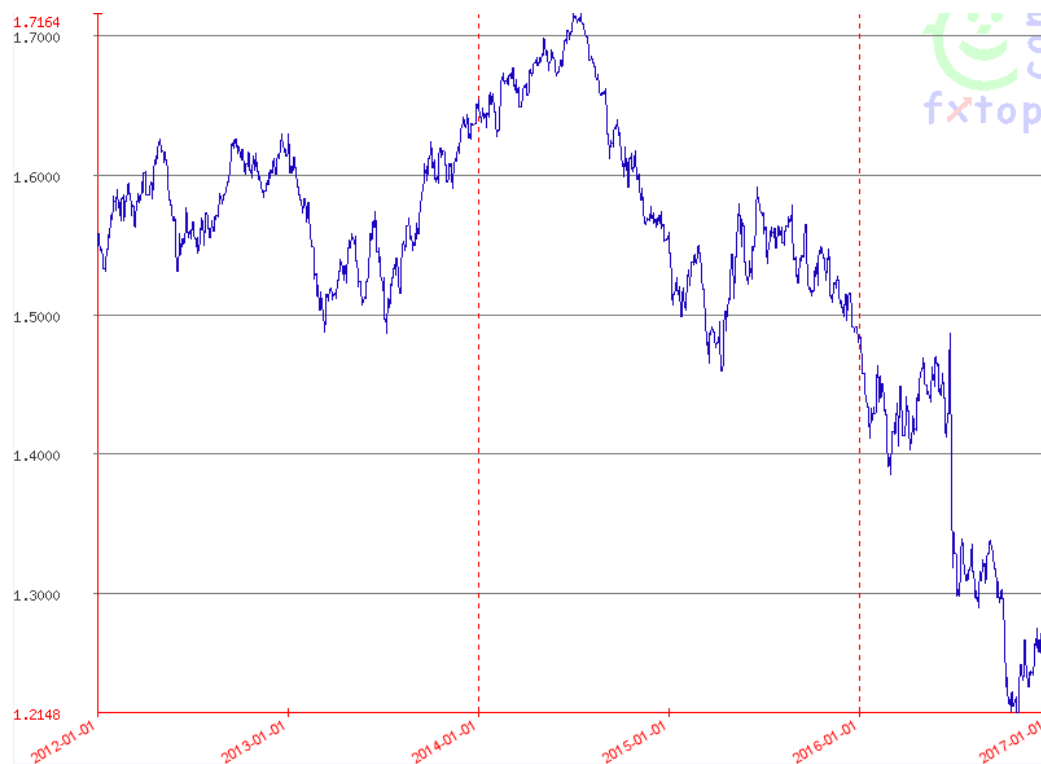
Γρ. 3 – CNY/USD



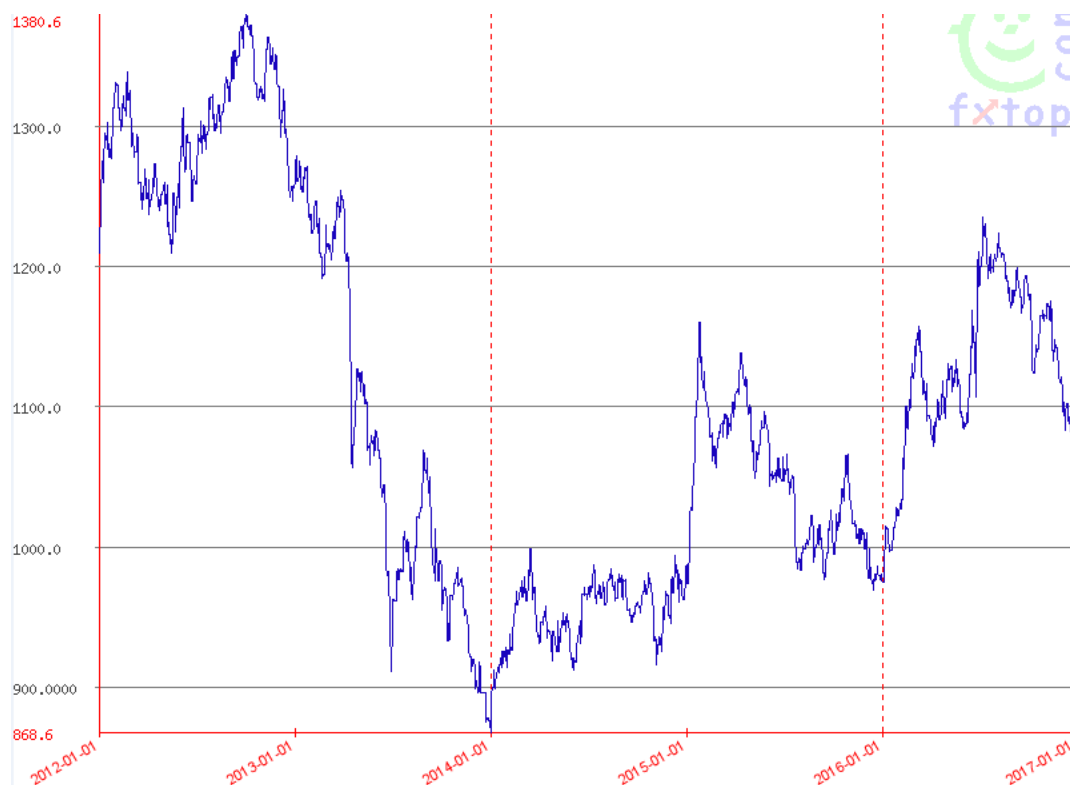
Γρ. 4 – JPY/USD



Γρ. 5 – GBP/USD



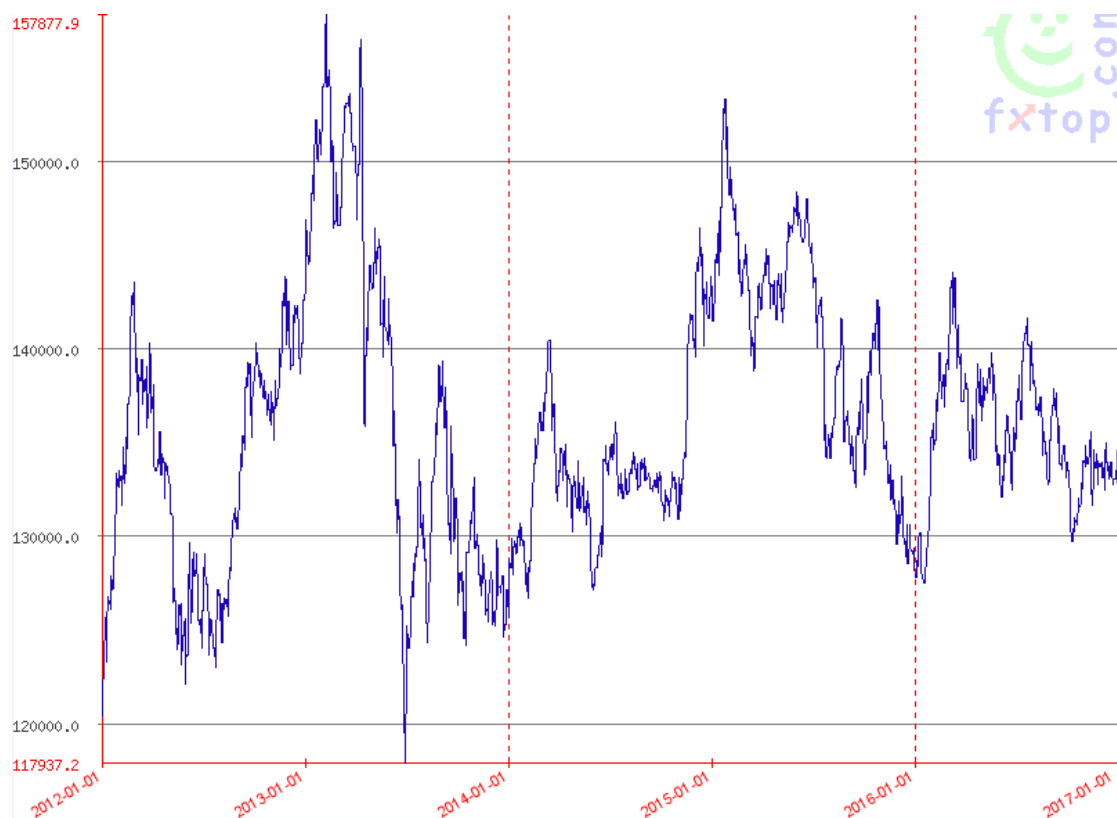
Γρ. 6 – XAU/EUR



Γρ. 7 – XAU/CNY



Гр. 8 – XAU/JPY



Гр. 9 – XAU/GBP

